

بررسی پتانسیل تولید رسوب به روش هیدروفیزیکی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در حوضه آبریز کارده

حمید نژادسلیمان

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

مسعود مینائی

استادیار علوم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

وجیهه قلی زاده^۱

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

چکیده

حوضه آبریز کارده از نظر مختصات جغرافیایی در ۳۷'، ۳۶° تا ۵۸'، ۳۶° عرض جغرافیایی و ۲۶'، ۵۹° تا ۳۷'، ۵۹° طول جغرافیایی با مساحتی حدود ۵۴۹ کیلومتر مربع در بخش شرقی زون کپه داغ قرار دارد. در مطالعه موجود، خطر رسوب سازی و انتشار فرسودگی در حوضه آبریز کارده در شمال شرق ایران با استفاده از روش هیدروفیزیکی همراه با داده های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مشاهدات میدانی مورد مطالعه قرار گرفت. منطقه مورد مطالعه به ۷ زیرحوضه هیدرولوژیکی تقسیم گردید. سپس با استفاده از روش هیدروفیزیکی عوامل مختلف هیدروفیزیکی حاکم در حوضه (مساحت، شیب، پوشش گیاهی، زمین شناسی و هیدرولوژی) مورد ارزیابی قرار گرفت و با توجه به عوامل فوق ضریب پتانسیل و درصد رسوبدهی هر زیر حوضه برآورده شد که زیر حوضه سیج و آل با ۲۱۲۲/۱ تن در سال بیشترین پتانسیل رسوبدهی و فیروز آباد با ۹۳/۳ تن در سال دارای کمترین پتانسیل رسوبدهی می باشد که عامل مساحت، نقش مهمی در ایجاد این توان رسوبدهی برای هر دو حوضه دارد.

واژه های کلیدی: فرسایش، پتانسیل رسوبدهی، هیدروفیزیکی، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، کارده

^۱ - نویسنده مسئول ۰۹۱۵۵۲۵۷۴۰۱ Vajihe_gholizade@yahoo.com

مقدمه

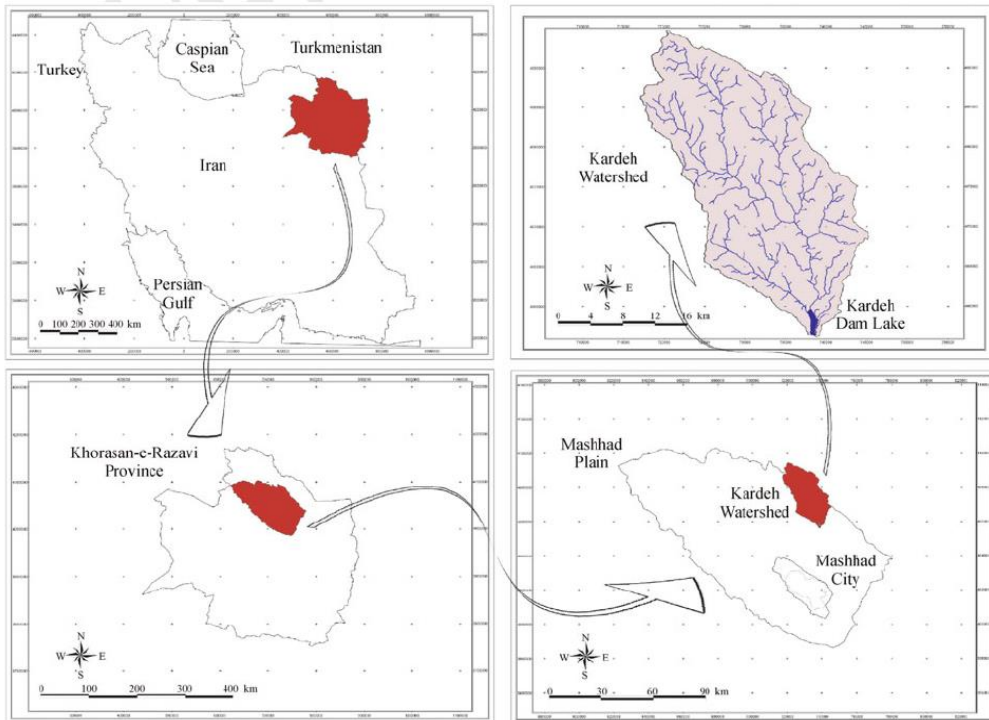
فرسایش یکی از برجسته ترین اشکال تجزیه زمین (رورفتگی خاک، کاهش حاصلخیزی، ناپایداری شیب) می باشد که بیشتر تحت تاثیر مدیریت و استفاده از زمین است. به خوبی شناخته شده است که فرسایش مکانیکی بیشتر تحت تاثیر فعالیتهای بشر مانند کشاورزی *agro pastoral burning* است. بعضی از عوامل متغیر (آب، پوشش آبهای سطحی و زندگی گیاهی) و نامتغیر (اندازه آبخیز، عوارض زمین و سنگ شناسی) هم تاثیراتی بر میزان فرسایش و تولید رسوب دارد. تولید رسوب بر اثر فرسایش زیاد بستگی به عناصر پویا مانند شدت شیبها و جریان آب دارد. تغییر شکل زمین بیشتر در نواحی روستایی که در آن گستردگی فعالیتهای بی ثبات کشاورزی در تجزیه خاک به طور غیر قابل پیش بینی همکاری دارد روی می دهد. (آیدو همکاران، ۱۹۹۵). افزایش خاکبرداری های کشاورزی و تغییرات زمین منجر به تجزیه کیفیت خاک و کاهش خاک به وسیله فرسایش می شود. (سیلاسی و همکاران، ۲۰۰۶).

بسیاری از مطالعات نشان داده اند که تقریباً تمام تغییرات استفاده از زمین با فعالیتهای بشر در دوران معاصر روی داده است (دی کونینگ و همکاران ۱۹۹۸؛ تاورنتون و جونز ۱۹۹۸). با این وجود، شرایط زیستی- فیزیکی زمین مانند ویژگیهای خاک، آب و هوا، توپوگرافی و پوشش گیاهی، الگوی فضایی کاربرد زمین و تغییرات کاربرد زمین را تعیین می کنند (ولدکمپ و فرسکو ۱۹۹۶). فرسایش سطحی و تولید رسوب عوامل مهمی هستند که باید در برنامه ریزی پروژه های منابع طبیعی تجدید شدنی در نظر گرفته شوند. روشها برای برآورد تولید رسوب، ابتدا برای تحلیل تاثیرات فعالیتهای کشاورزی توسعه یافت. اولین مدل استفاده شده معادله هدررفت خاک جهانی یا *USLE* بود (ویس کمیر و اسمیت ۱۹۷۸). اکنون رایج ترین مدلها مورد استفاده *USLE* (متی و همکاران ۲۰۰۰؛ ارسکین و همکاران ۲۰۰۲) *MUSLE* (معادله اصلاح شده جهانی فرسایش خاک)، *WEEP* (پروژه پیش بینی تحلیل آب)، *RUSLE* (معادله معکوس جهانی فرسایش آب)، *PSIAC* (کمیته میانجی جنوب- غرب اقیانوس آرام) (نلسون و راسل، ۱۹۸۹؛ تنگستانی، ۲۰۰۶) و *EPM* و هیدروفیزیکی (روش پتانسیل فرسایش) است. دو مدل *EPM* و هیدروفیزیکی بر مبنای عامل هستند و به معنای آن است که یک سری از عوامل که هر کدام یک یا چند فرایند و فعل و انفعال آنها را تعیین می کنند، برای تولید یک برآورد کلی از هدررفت خاک ترکیب شده اند. اخیراً کاربردهای سیستم های اطلاعاتی جغرافیایی (*GIS*) و تکنیک های سنجش از راه دور در فرسایش و ارزیابی تولید رسوب توسعه یافته اند. هدف اصلی مطالعه موجود بررسی عملی بودن مدل هیدروفیزیکی در منطقه نیمه خشک، آبریز کارده در شمال شرق ایران با استفاده از تکنیک *GIS* است.

اهداف این تحقیق عبارتند از: ۱. شناسایی عوامل مختلف و موثر در فرسایش و رسوب منطقه. ۲. شناسایی

نقاط با پتانسیل رسوبدهی بالا

حوضه آبریز کارده از نظر مختصات جغرافیایی در 37° تا 58° عرض جغرافیایی و 26° تا 59° طول جغرافیایی با مساحتی حدود ۵۴۹ کیلومتر مربع در بخش شرقی زون کپه داغ قرار دارد که از شمال به حوضه های قره تیکان و کلات نادر و ارچنگال و از جنوب و غرب با حوضه کشف رود و از شرق به حوضه رودخانه چهچه محدود است. حوضه آبریز کارده در شمال شهرستان مشهد واقع بوده. فاصله روستای کارده (در خروجی حوضه) تا مشهد ۴۳ کیلومتر است. شکل (۱) موقعیت حوضه را نشان می دهد.

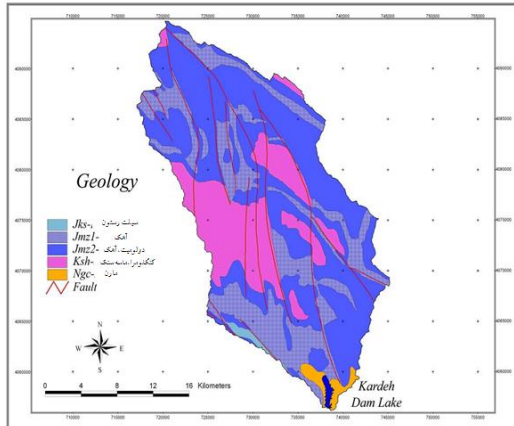


شکل ۱: موقعیت و مکان جغرافیایی ناحیه مورد مطالعه

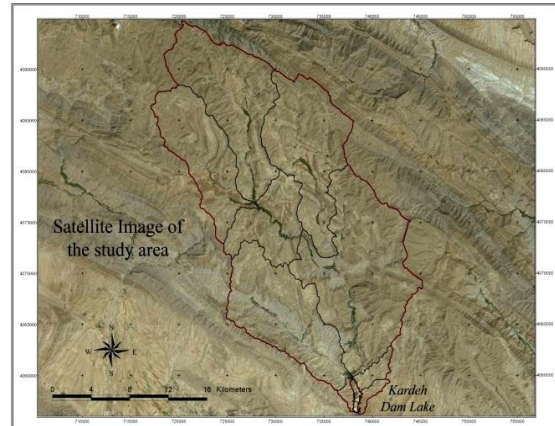
حوضه آبریز کارده به ۷ زیرحوضه: آل، بلغور، خرکت، کوشک آباد، فیروز آباد، کریم آباد و مارشک تقسیم می شود (شکل ۲). توپوگرافی حوضه آبریز متشکل از کوهستانهای مرتفع، دره ها، فلات و نواحی کوهستانی است. (بهنیافر، ۱۳۸۰) از نظر زمین شناسی شامل: سازند کشف رود، مزدوران ۱ و ۲، سازند شوربجه، سازند نئوژن، رسوبات دوران چهارم می باشد. (سعادت، ۱۳۷۲) (شکل ۳). اقلیم منطقه با توجه به اقلیم نمای آمبرژه در موقعیت نیمه خشک سرد و اقلیم نمای دومارتن در موقعیت مدیترانه ای واقع می باشد. شبکه رودخانه ها در این حوضه نسبتاً تکامل یافته است و رودخانه کارده از ۲ شاخه اصلی تشکیل شده است که عبارتند از: ۱- شاخه آل ۲- کوشک آباد (طرح مطالعات آبخیزداری دانشگاه فردوسی، ۱۳۸۳) (شکل ۴).

به طور کلی می توان گفت که خاکهای منطقه در رده انتی سول بوده و بقیه خاکهای حوضه لیتوسل و ریگوسل می باشد. در منطقه مورد مطالعه چهار واحد فیزیوگرافی به شرح زیر مشخص شده است: زمین های مرتفع، واریزه

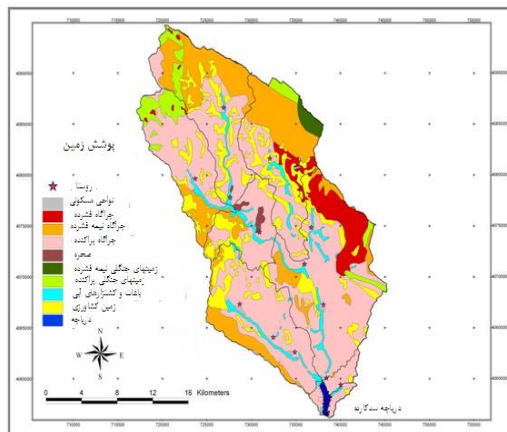
های رسوبی و سنگ ریزه دار بادبزی، فلات، رسوبات رودخانه ای که این رسوبات در دره های حوضه در مسیر رودخانه های فصلی و دائمی قرار گرفته اند . پوشش گیاهی در حوضه در کل فقیر و به ۴ دسته تقسیم شده است: ۱- مراتع ضعیف ۲- مراتع متوسط ۳- مجتمع های درختی و تاکستان ۴- مخروط های جنگلی و مرتع. (طرح مطالعات دانشگاه فردوسی، ۱۳۶۵) (شکل ۵)



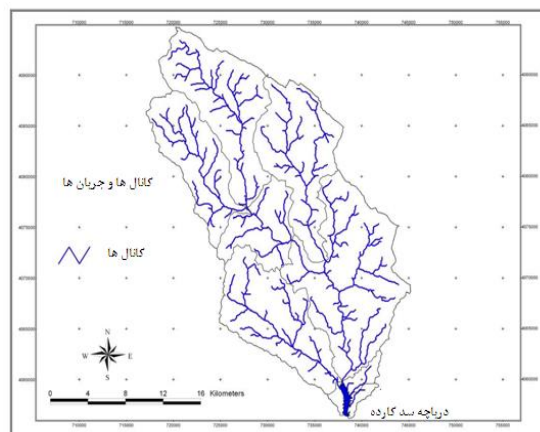
شکل ۳: زمین شناسی حوضه آبریز کارده



شکل ۲: تصویر ماهواره ای حوضه آبریز کارده



شکل ۵: پوشش گیاهی و کاربری حوضه آبریز کارده



شکل ۴: شبکه هیدروگرافی حوضه کارده

مواد و روش ها:

در این پژوهش اطلاعات مورد نیاز از طریق روش های کتابخانه ای، میدانی و تجزیه و تحلیل اطلاعات توسط نرم افزار GIS به دست آمده است. ابزار مورد استفاده در این تحقیق شامل تصاویر ماهواره ای، نقشه های توپوگرافی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، خاک و نقشه زمین شناسی، استفاده از نرم افزارهای مربوطه و تصاویر ثبت شده از منطقه مورد نظر می باشد.

ارزیابی پتانسیل تولید رسوب در منطقه:

به منظور دقت بیشتر در برآورد رسوبدهی، حوضه آبریز کارده به ۷ زیر حوضه: ۱- فیروز آباد ۲- حرکت ۳- بلغور ۴- مارشک ۳- سیج و آل ۶- کوشک آباد ۷- کریم آباد تقسیم گردید و روش هیدروفیزیکی در حوضه مذکور مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت.

پتانسیل رسوبدهی یک حوضه آبریز از رابطه زیر بدست می آید:

$$CSY_X = A^S \cdot R \cdot E \cdot V \cdot P$$

$$CSY_X = \text{میزان رسوبدهی}$$

$$A^S = \text{عامل مساحت حوضه}$$

$$R = \text{عامل توپوگرافی}$$

$$E = \text{عامل قابلیت فرسایش}$$

$$V = \text{عامل پوشش گیاهی}$$

$$P = \text{عامل هیدرولوژی (احمدی، ۱۳۸۸: ۵۲۴)}$$

بحث و یافته ها:**محاسبه عامل مساحت زیر حوضه ها: A^S**

جهت تعیین عامل مساحت حوضه از رابطه $a = A^S$ استفاده کرده که در آن: A = مساحت هر یک از زیر حوضه ها به کیلومتر مربع و S = ضریب تناسب که مقدار آن بر اساس تحقیقات بین ۱- ۰/۶ متغیر است که در حوضه های بزرگ مثل سفید رود و کارون ۰/۶ و حوضه های کوچک و متوسط ۱ می باشد. (احمدی، ۱۳۸۸: ۵۲۵) در این مطالعه مقدار آن بر ۱ در نظر گرفته شده است.

عامل هیدرولوژی: عبارتند از میانگین نزولات جوی سالانه به میلیمتر (P) است. در این روش به عامل هیدرولوژی اهمیت زیادی داده شده است. زیرا عامل اصلی تولید رسوب محسوب می شود. البته در بعضی موارد هم بطور غیر مستقیم در کاهش و رسوب مؤثر می باشد. بدین صورت با افزایش رطوبت خاک باعث رشد گیاهان و در نتیجه افزایش پوشش گیاهان و نهایتاً مانع فرسایش و رسوب خاک می شود. (احمدی، ۱۳۸۸: ۳۲۷)

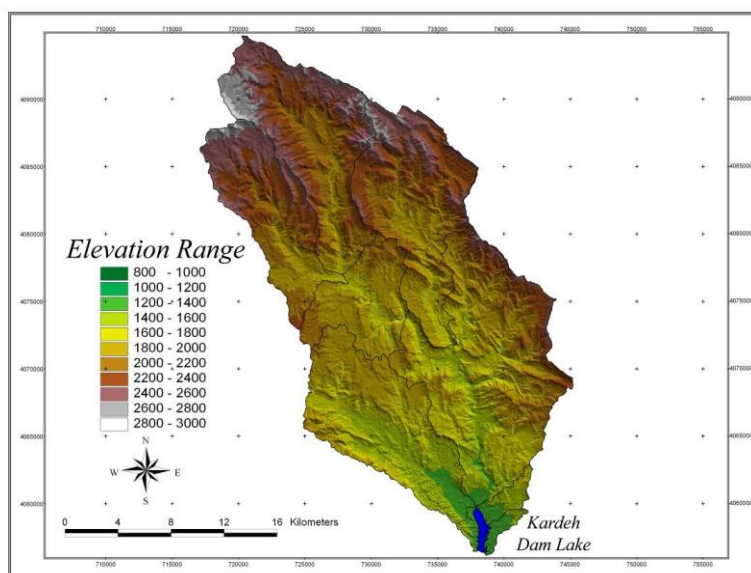
در جدول (۱) عامل مساحت (A^S) و عامل هیدرولوژیک در هر یک از زیر حوضه ها محاسبه شده است. با توجه به این جدول مشاهده می شود که زیر حوضه سیج و آل دارای بیشترین عامل مساحت و زیر حوضه حرکت به علت ارتفاع بیشتر آن نسبت به دیگر زیر حوضه ها دارای بالاترین عامل هیدرولوژیک (میزان بارندگی) می باشد. در بین زیر حوضه ها، زیر حوضه فیروز آباد هم از نظر عامل مساحت و همچنین عامل هیدرولوژیک (P) نسبت به زیر حوضه های دیگر در پایین ترین سطح قرار دارد. بنابراین این دو عامل می تواند در میزان پتانسیل رسوبدهی آن تأثیر منفی داشته باشد.

جدول ۱: محاسبه عامل مساحت (AS^2) و عامل هیدرولوژیک در هر یک از زیر حوضه ها

| بارندگی سالانه به میلیمتر (P) | AS^2 | ارزش | مساحت (A) Km^2 | نام زیرحوضه | کد زیرحوضه |
|----------------------------------|--------|------|---------------------|----------------|---------------|
| ۳۶۷/۳۰ | ۶۹/۱۶ | ۱ | ۶۹/۱۶ | کریم آباد | ۱ |
| ۳۷۴/۳۰ | ۹۷/۳۹ | ۱ | ۹۷/۳۹ | خرکت | ۲ |
| ۳۵۴/۷ | ۹۳/۰۹ | ۱ | ۹۳/۰۹ | بلغور | ۳ |
| ۳۴۱/۵۰ | ۴۴/۴۹ | ۱ | ۴۴/۴۹ | مارشک | ۴ |
| ۳۲۵/۳۰ | ۱۴۶/۴۷ | ۱ | ۱۴۶/۴۷ | سیچ و آل | ۵ |
| ۳۱۱/۷۰ | ۹۱/۳۰ | ۱ | ۹۱/۳۰ | کوشک آباد | ۶ |
| ۲۷۹/۴۰ | ۷/۰۸ | ۱ | ۷/۰۸ | فیروز آباد | ۷ |

محاسبه عامل توپوگرافی یا شیب حوضه (R):

در محاسبات هیدرولوژیکی حوضه محاسبه شیب حوضه الزامی است زیرا مقدار رواناب و همچنین حجم رسوباتی که در حوضه های پر شیب حمل می شود بیشتر از حوضه های کم شیب است. چون شیب زیاد رودخانه، قدرت حمل کنندگی آب و رسوبات را افزایش می دهد. مخروط افکنه های موجود در پای ارتفاعات رودخانه ها در مناطق خشک و با شیب زیاد، بزرگ و قابل توجه اند. (ولایتی، ۱۳۸۳: ۲۴۲) (شکل ۶)



شکل ۶: نقشه ارتفاعی حوضه آبریز کارده

$$R = \frac{H}{L} \quad \text{محاسبه شیب حوضه از رابطه:}$$

R = شیب حوضه

H = اختلاف ارتفاع به متر (اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پست ترین نقطه حوضه)

L = بزرگترین محور حوضه به متر

در جدول (۲) مقادیر (R) توپوگرافی در زیر حوضه های کارده مشخص شده است.

جدول ۲ مقادیر (R) توپوگرافی در زیر حوضه های کارده

| $R = \frac{H}{L}$ | بزرگترین محور حوضه به متر | اختلاف ارتفاع به متر | نام زیرحوضه | کد زیرحوضه |
|-------------------|------------------------------|-------------------------|----------------|---------------|
| ۶/۲ | ۱۹۰۱۰ | ۱۱۹۰ | کریم آباد | ۱ |
| ۵/۲ | ۲۲۶۸۰ | ۱۲۰۰ | خرکت | ۲ |
| ۵/۱ | ۲۲۲۱۰ | ۱۱۵۰ | بلغور | ۳ |
| ۵/۹ | ۱۲۱۰۰ | ۷۲۰ | مارشک | ۴ |
| ۴/۴ | ۲۷۳۱۰ | ۱۳۰۰ | آل و سیج | ۵ |
| ۴ | ۲۲۰۷۰ | ۹۰۰ | کوشک آباد | ۶ |
| ۷/۶ | ۶۷۶۰ | ۵۲۰ | فیروز آباد | ۷ |

محاسبه کمیت قابلیت فرسایش (حساسیت خاک به فرسایش (E):

قابلیت فرسایش از رابطه زیر بدست می آید:

$$E = \frac{\sum enan}{A}$$

en = کمیت قابلیت فرسایش که بر حسب مقاومت سنگ مشخص می شود.

an = مساحت اشغال شده توسط en به کیلومتر مربع

A = مساحت زیر حوضه یا حوضه به کیلومتر مربع

قابلیت فرسایش در این منطقه با سنگ شناسی و واحدهای سنگی و مقاومت آنها رابطه مستقیم دارد. لذا شناخت و مطالعه این واحدها و قابلیت فرسایش آنها دارای اهمیت خاصی می باشد. در روش هیدروفیزیکی درجه

حساسیت به فرسایش سنگها مورد توجه بوده و در فرمول قرار داده می شود. (احمدی، ۱۳۸۸: ۵۳۲)

برای تعیین ارزش کمی حساسیت به فرسایش، سنگهای موجود درحوضه به ترتیب زیر عمل شد:

سنگهای موجود با توجه به درجه مقاومت آنها از زیاد به کم مرتب شدند. درجه مقاومت سنگهای منطقه از ۹

برای آبرفت عهد حاضر و رسوبات کواترنری تا ۱/۵ برای مزدوران متغیر می باشد. بدین ترتیب سنگها از نظر

درجه حساسیت فرسایش به ۱۵ رده تقسیم گردید که نتایج آن در جدول (۳) نشان داده شده است.

با توجه به ضرایب حساسیت خاک به فرسایش، سطح اشغال شده هر نوع سنگ در زیر حوضه ها، میانگین

وزنی کمیت e برای هر زیر حوضه محاسبه گردید. نتایج این محاسبات برای زیر حوضه های کارده در جدول (۴)

نشان داده شده است.

جدول (۳) نوع سنگ و مساحت و کمیت قابلیت فرسایش واحدهای سنگی حوضه

| علامت اختصاری | نوع سنگ | کمیت فرسایش | مساحت واحدها به Km ² |
|-------------------|---|-------------|---------------------------------|
| Qal | آبرفت عهد حاضر | ۹ | ۴/۸۵ |
| Q | رسوبات کواترنری | ۹ | ۵/۸ |
| Qt ₂ | پادگانه ها و مخروط افکنه جوان | ۸ | ۱۶/۷۲ |
| Qt ₁ | پادگانه ها و مخروط افکنه قدیمی | ۸ | ۲/۳ |
| Nm | مارنهای نئوژن | ۷ | ۳/۴۲ |
| kash ^m | سنگ آهک، شیل، ماسه سنگ، فروش سنگ | ۶/۵ | ۲/۸۳ |
| Jch ^m | مارن های سازند چمن بید | ۶ | ۱۶/۸ |
| N | مارن نئوژن | ۵/۵ | ۵/۴۹ |
| K _{sn} | ماسه سنگ دانه درشت شیل و فدرش سنگ | ۵ | ۲۷/۶۳ |
| Jch | سنگ آهک و سنگ آهک مارنی متوسط لایه بامیان لایه های شیل و مارن | ۴/۵ | ۱۱۶/۶۵ |
| kash ^a | شیل، ماسه سنگ و آهک کشف رود | ۴ | ۱۴/۹۹ |
| Jch | سنگ آهک و سنگ آهک مارنی متوسط لایه بامیان لایه از شیل و مارن فرعی | ۲/۵ | ۱۴ |
| K _{sh1} | ماسه سنگ دانه درشت شیل و فروش سنگ قدیمی | ۲/۵ | ۱۳ |
| JmZ ₂ | تناوب سنگ آهک و شیل | ۱/۵ | ۱۷۹ |
| JmZ ₁ | سنگ آهک دولومیتی شده ستر لایه | ۱/۵ | ۱۱۹/۳ |

جدول شماره (۴) قابلیت فرسایش در زیرحوضه های کارده

| کد زیرحوضه | نام زیرحوضه | سازند زمین شناسی | وسعت سازند an km ² | کمیت قابل فرسایش en | en an | $E = \frac{\sum enan}{A}$ |
|------------|-------------|------------------|-------------------------------|---------------------|--------|---------------------------|
| ۱ | کریم آباد | JmZ ₁ | ۱۱,۳۴ | ۱/۵ | ۵۱/۱۶ | ۳/۰۶ |
| | | JmZ ₂ | ۲,۲۰ | ۲/۵ | ۵/۰۵ | |
| | | Ksh | ۵/۴۸ | ۴ | ۲۱/۹۲ | |
| | | ksh ^a | ۲۱/۵۰ | ۴/۵ | ۹۶/۷۵ | |
| | | Jch | ۴/۴۲ | ۵ | ۲۲/۱۰ | |
| | | Jch | ۱/۶۳ | ۹ | ۱۴/۶۷ | |
| | | Ksh | | | | |
| ۲ | خرکت | JmZ ₁ | ۵۴/۹۷ | ۱/۵ | ۸۲/۴۵ | ۳/۰۳ |
| | | JmZ ₂ | ٪۵۰ | ۲/۵ | ۱/۲۵ | |
| | | Jch ₁ | ٪۷۳ | ۳ | ۲/۱۹ | |
| | | Ksh ₁ | ٪۴۳ | ۴ | ۱/۷۲ | |
| | | Jka | ۲۹/۶۷ | ۴/۵ | ۱۳۳/۵۱ | |
| | | ksh ^a | ۳/۴۸ | ۵ | ۱۷/۴۰ | |
| | | Jch | ۱/۶۵ | ۵/۵ | ۹/۰۷ | |
| | | Ksh | ٪۲۹ | ۶/۵ | ۱/۸۸ | |
| | | N | ۴/۶۲ | ۸ | ۳۶/۹۶ | |
| | | ksh ^m | ۱/۰۵ | ۹ | ۹/۴۵ | |

| | | | | | | |
|------|---|---|---|---|-----------|---|
| ۲/۶۰ | ۹۰/۴۲ ۱۰/۳۵ ۳/۲۷ ۷/۲۰ ۶۶/۳۷ ۳۸/۴۰ ۴/۴۸ ۱۳/۲۸ ۹ | ۱/۵ ۲/۵ ۳ ۴ ۴/۵ ۵ ۶/۵ ۸ ۹ | ۶۰/۲۸ ۴/۱۴ ۱/۰۹ ۱/۸۰ ۱۴/۷۵ ۷/۶۸ ٪۶۹ ۱/۶۶ ۱ | JmZ ₂ JmZ ₁ Jch ₁ Kash ₁ Jka kash ^a Jch Kash kash ^m | بلغور | ۳ |
| ۳/۴۹ | ۳۰/۰۶ ۲۰/۲۵ ۸۷/۱۰ ۴/۴۰ ۱۳/۸۴ | ۱/۵ ۴/۵ ۵ ۵/۵ ۸ | ۲۰/۰۴ ۴/۵۰ ۱۷/۴۲ ٪۸۰ ۱/۷۳ | JmZ ₂ Jch Ksh N QT | مارشک | ۴ |
| ۳/۴۴ | ۱۱۶/۰۴ ۲۵/۵۷ ۱۱۱/۳۷ ۸۹/۷۰ ۷۹/۹۲ ۸۲/۷۱ | ۱/۵ ۲/۵ ۴/۵ ۶ ۸ ۹ | ۷۷/۳۶ ۱۰/۲۳ ۲۴/۷۵ ۱۴/۹۵ ۹/۹۹ ۹/۱۹ | JmZ ₂ JmZ ₁ Jch ₁ Ksh ₁ Jch Jch ^m | سیج و آل | ۵ |
| ۳/۷۰ | ۵۰/۷۴ ۲۳/۸۰ ۱۴/۲۸ ۲/۰۶ ۸۳/۴۷ ۱۰/۹۵ ۱۲/۵۹ ۵۹/۷۶ ۷/۱۲ ۳۹/۵۲ ۳۳/۳۹ | ۱/۵ ۲/۵ ۳ ۳/۵ ۴/۵ ۵ ۵/۵ ۶ ۷/۵ ۸ ۹ | ۳۳/۸۳ ۹/۵۲ ۴/۷۶ ٪۵۹ ۱۸/۵۵ ۲/۱۹ ۲/۲۹ ۹/۹۶ ٪۹۵ ۴/۹۴ ۳/۷۰۲ | JmZ ₂ JmZ ₁ Jch ₁ Ksh ₁ Jka Nc Jch Kash N Jchm OpLc | کوشک آباد | ۶ |
| ۳/۴۱ | ۴/۹۵ ۵/۰۷ ۴/۴۵ ٪۷۱ ۶/۰۲ ۱/۳۶ ۱/۶۲ | ۱/۵ ۳/۵ ۴/۵ ۵/۵ ۷ ۸ ۹ | ۳/۳۰ ۱/۴۵ ٪۹۹ ٪۱۳ ٪۸۶ ٪۱۷ ٪۱۸ | JmZ ₂ JmZ ₁ Nc Nm Q2 Q1 QaL | فیروزآباد | ۷ |

محاسبه پوشش گیاهی:

در مناطق مختلف یک حوضه آبریز، کم و بیش اختلافاتی در نوع پوشش گیاهی مشاهده می شود که به دلیل نوع و شرایط متفاوت اکولوژی است. (احمدی، ۱۳۸۸؛ ۴۱۹۰) مقدار فرسایش و رسوبدهی هر منطقه با وضعیت پوشش گیاهی ارتباط تنگاتنگی دارد. بر اساس مطالعات انجام شده در منطقه ۱۰ تیپ پوشش گیاهی با درصد تراکم پوشش گیاهی مشخص در هر زیرحوضه شناسایی و مورد بررسی قرار گرفت. (اعظمی و همکار، ۱۳۷۳)

و بر اساس آن عامل پوشش گیاهی (V) از رابطه:

$$V = \frac{A}{\sum_1^n v.n.an}$$

محاسبه گردید.

A = مساحت زیر حوضه به کیلومتر مربع

$$V_n = \text{درصد پوشش گیاهی در هر تیپ}$$

$$an = \text{مساحت هر یک از تیپ های گیاهی بر حسب کیلومتر مربع}$$

نتایج حاصله نشان می دهد که در هر زیر حوضه چندین واحدکاری با تراکم پوشش گیاهی متفاوت وجود دارد. برای بدست آوردن نزدیکترین میانگین تراکم پوشش گیاهی به واقعیت موجود، در تفکیک قطعات با تراکم های مختلف سعی گردیده دقت کافی مبذول و از ارزیابی اجمالی تراکم پوشش گیاهی پرهیز گردد. تراکم ۵۰ و ۸۳ درصد مربوط به اراضی زراعی و باغی است و کمتر از ۵۰ درصد به اراضی مرتعی تعلق دارد. حاصل این ارزیابی برای زیر حوضه های کارده در جدول (۵) نشان داده شده است.

برآورد پتانسیل رسوبدهی حوضه با روش هیدروفیزیکی:

با تکمیل محاسبات مربوط به عوامل موثر در روش هیدروفیزیکی شامل مساحت (A) عامل توپوگرافی (R^2) عامل هیدرولوژی (P) عامل پوشش گیاهی (V) و عامل کمیت قابل فرسایش (E) از رابطه زیر، پتانسیل هر زیرحوضه و در نهایت کل حوضه محاسبه گردید.

$$CSY = A^s \cdot R \cdot V \cdot E \cdot P$$

نتایج محاسبات پتانسیل رسوبدهی زیرحوضه های کارده در جدول (۶) نشان داده شده است.

جدول (۵) محاسبه عامل پوشش گیاهی حوضه کارده

| حوضه | نام زیرحوضه | V_n درصد پوشش گیاهی | an : وسعت پوشش گیاهی بادرصد V_n | $V_n an$ | مساحت زیرحوضه Km^2 | $V = \frac{A}{\sum V_n \cdot an}$ | $V_n an \sum V_n$ |
|------|-------------|-----------------------|-------------------------------------|----------|----------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 1 | کریم آباد | ۶۰ | ۱/۲۰ | ۷۲ | ۶۹/۱۶ | ۰/۰۱۸۳ | ۳۸۱۴/۵۴ |
| | | ۵۰ | ۴/۳۸ | ۲۱۹ | | | |
| | | ۶۴ | ۱۰/۷۳ | ۶۸۶/۷۲ | | | |
| | | ۸۰ | ۱۱/۷۶ | ۹۴۰/۸۰ | | | |
| | | ۴۳ | ۱۵/۷۳ | ۶۷۶/۳۹ | | | |
| | | ۵۳ | ۱۵/۷۹ | ۸۳۶/۸۳ | | | |
| | | ۴۰ | ۹/۵۷ | ۳۸۲/۸۰ | | | |
| 2 | خرکت | ۶۰ | ۳/۶۰ | ۲۱۶ | ۹۷/۳۹ | ۰/۰۱۶۷ | ۵۸۲۲/۷۲ |
| | | ۵۰ | ۲/۷۴ | ۱۳۷ | | | |
| | | ۷۶ | ۱۸/۲۶ | ۱۳۸۷/۷۶ | | | |
| | | ۶۶ | ۱۲/۷۰ | ۸۳۸/۸۶ | | | |
| | | ۶۱ | ۲۸/۱۳ | ۱۷۱۵/۹۳ | | | |
| | | ۷۰ | ۲/۱۷ | ۱۵۱/۹۰ | | | |
| | | ۴۷ | ۲۷/۰۷ | ۱۲۷۲/۲۹ | | | |
| ۳۸ | ۲/۷۱ | ۱۰۲/۹۸ | | | | | |

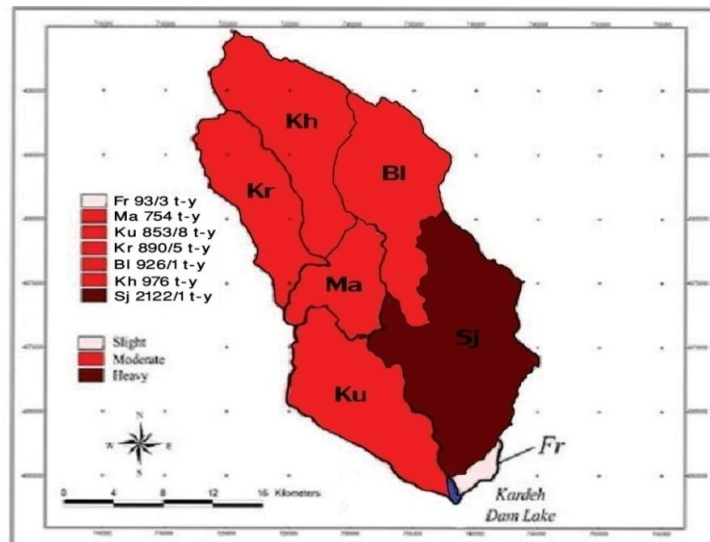
| | | | | | | | |
|---------|--------|--------|---|--|--|------------|---|
| ۴۹۹۵/۳۳ | ۰/۰۱۸۶ | ۹۳/۰۹ | ۷۶/۲ ۱۱۲/۵ ۱۷۳۶ ۳۹۲/۵۹ ۱۵۶۹/۰۴ ۱۱۰۹ | ۱/۲۷ ۲/۲۵ ۳۱ ۴/۷۳ ۳۵/۶۶ ۱۸/۱۸ | ۶۰ ۵۰ ۵۶ ۸۳ ۴۴ ۶۱ | بلغور | 3 |
| ۵۳۷۷/۶۳ | ۰/۰۲۷۲ | ۱۴۶/۴۷ | ۷۵۹ ۷۰۰ ۱۸۴۲/۸۹ ۱۵۴۳ ۵۳۲/۷۴ | ۱۲/۶۵ ۱۴ ۳۷/۶۱ ۶۱/۷۲ ۲۰/۴۹ | ۶۰ ۵۰ ۴۹ ۲۵ ۲۶ | سیج و آل | 4 |
| ۱۸۹۰/۹۲ | ۰/۰۲۳۹ | ۴۴/۴۹ | ۸۴ ۲۷۵ ۹۹۴/۰۸ ۴۳۷/۶ ۱۱۴/۲۴ | ۱/۴ ۵/۵ ۲۰/۷۱ ۱۲/۸ ۴/۰۸ | ۶۰ ۵۰ ۴۸ ۳۷ ۲۸ | مارشک | ۵ |
| ۴۵۸۰/۱۲ | ۰/۰۱۹۹ | ۹۱/۳۰ | ۲۷۰ ۳۷۸ ۱۵۷۵/۹ ۹۳۹/۷۸ ۳۷۲/۲۴ ۳۶۸/۲۸ ۶۷۶ | ۴/۵۰ ۷/۵۶ ۳۵/۰۲ ۲۰/۴۳ ۷/۹۲ ۵/۹۲ ۹/۹۴ | ۶۰ ۵۰ ۴۵ ۴۶ ۴۷ ۶۲ ۶۸ | کوشک آباد | ۶ |
| ۳۹۱/۵۸ | ۰/۰۱۸۰ | ۷/۰۸ | ۳۰/۶ ۲۶/۵ ۸۷/۲۸ ۵۰/۴ ۳۵/۱ ۱۶۱/۷ | %۵۱ %۵۳ ۲/۰۶ ۱/۱۲ %۵۴ ۲/۳۲ | ۶۰ ۵۰ ۳۸ ۴۵ ۶۵ ۷۰ | فیروز آباد | ۷ |

جدول (۶): برآورد پتانسیل رسوبدهی حوضه کارده با روش هیدروفیزیکی

| درصد پتانسیل رسوبدهی (CSY)X % | پتانسیل رسوبدهی (CSY)X تن در سال | عوامل هیدروفیزیکی | | | | | شماره زیر حوضه |
|-------------------------------|----------------------------------|-------------------|--------|------|------|--------------------|----------------|
| | | P | V | E | R% | Km ² AS | |
| ۱۳/۴۶ | ۸۹۰/۵ | ۳۶۷/۳۰ | ۰/۰۱۸۳ | ۳/۰۶ | ۶/۲۵ | ۶۹/۱۶ | ۱- کریم آباد |
| ۱۴/۷۵ | ۹۷۶ | ۳۷۴/۴۰ | ۰/۰۱۶۷ | ۳/۰۳ | ۵/۲۹ | ۹۷/۳۹ | ۲- حرکت |
| ۱۴ | ۹۲۶/۱ | ۳۵۴/۷۰ | ۰/۰۱۸۶ | ۲/۶۰ | ۵/۸ | ۹۳/۰۹ | ۳- بلغور |
| ۱۱/۳۹ | ۷۵۴/۰ | ۳۴۱/۵۰ | ۰/۰۲۳۹ | ۳/۴۹ | ۵/۵۹ | ۴۴/۴۹ | ۴- مارشک |
| ۳۲/۰۷ | ۲۱۲۲/۱ | ۳۲۵/۳۰ | ۰/۰۲۷۲ | ۳/۴۴ | ۴/۷۶ | ۱۴۶/۴۷ | ۵- سیج و آل |
| ۱۲/۹ | ۸۵۳/۸ | ۳۱۱/۳۰ | ۰/۰۱۹۹ | ۳/۷۰ | ۴/۰۸ | ۹۱/۳۰ | ۶- کوشک آباد |
| ۱/۴۱ | ۹۳/۳ | ۲۷۹/۴۰ | ۰/۰۱۸۰ | ۳/۴۱ | ۷/۶۹ | ۷/۰۸ | ۷- فیروز آباد |
| %۱۰۰ | | ۶۶۱۵/۸ تن در سال | | | | | کل حوضه |

تهیه نقشه پتانسیل رسوبدهی حوضه:

پس از برآورد رسوبدهی هر یک از زیرحوضه ها با روش هیدروفیزیکی و بر اساس نتایج جدول (۶) می توان نقشه پتانسیل رسوبدهی حوضه را تهیه نمود، همانطور که در نقشه مشاهده می گردد مناطق مختلف حوضه بر اساس توان رسوبدهی آن با علامتهای مشخصی به تفکیک نشان داده شده است.



شکل ۷: نقشه پتانسیل رسوبدهی حوضه کارده

نتیجه گیری

در حوضه سدها تجمع رسوبات ظرفیت ذخیره آنها را کاهش داده و به تأسیسات احداثی خسارتی وارد می آورد. باتوجه به اهمیت منابع آبی درکشور ایران نیاز است تا از بدنه های آب شیرین همچون سدها محافظت بیشتری گردد. یکی از مهمترین روشهای حفظ این منابع آبی انجام مدیریت صحیح درجهت کاهش فرسایش و تولید رسوب می باشد که لازمه آن آگاهی از مقدار رسوب زایی و نواحی دارای بحران فرسایش درحوضه های بالا دست سدهاست. ازاین رو نتایج حاضر علاوه بر تهیه و برآورد میزان پتانسیل رسوبدهی با روش هیدروفیزیکی و با کمک گرفتن از GIS درحوضه آبریز سد کارده راهگشای مدیریت حوضه آبریز و کنترل رسوب با نگرش ویژه بر اولویتهای اجرایی می باشد.

با توجه به داده های بدست آمده در جدول شماره (۶) و همچنین شکل شماره (۷) ملاحظه می شود که زیر حوضه سیچ و آل با پتانسیل رسوب دهی ۲۱۲۲/۱ تن در سال دارای بیشترین توان رسوب دهی و زیر حوضه فیروز آباد با ۹۳/۳ تن در سال دارای کمترین پتانسیل رسوب دهی در حوضه کارده را دارا می باشند و به عبارت دیگر با توجه به داده های روش هیدرو فیزیکی بیشترین توان رسوب دهی حوضه در نیمه شرقی و کمترین توان

رسوب دهی در جنوب شرق حوضه می باشد لذا از نظر برنامه های مدیریتی و اجرایی آبخیز داری باید به زیر حوضه سیچ و آل (نیمه شرقی حوضه) دقت بیشتری نموده و در اولویت برنامه های خود قرارداد.

بر اساس مطالعات انجام شده در حوضه کارده مهمترین اشکال فرسایش شده به فرسایش های سطحی، شیاری، آبراهه ای، خندقی، کنار رودخانه ای، لغزشی، ریزش و تخریب فیزیکی خاک اشاره نمود که هر یک از این اشکال در اثر عوامل مختلفی بوجود می آید. مهمترین این عوامل شامل خصوصیات هیدرولوژیکی، اقلیمی، زمین شناسی، پوشش گیاهی توپوگرافی، و نحوه بهره برداری و مدیریت انسان از اراضی می باشد لذا با توجه عوامل فوق ضرورت برآورد تولید رسوب با روشی که بتواند اکثر عوامل فوق را در منطقه در نظر بگیرد کاملاً محسوس بنظر می رسد از اینرو روش هیدروفیزیکی با توجه به داشتن شاخص های مناسب برای بررسی پتانسیل رسوبدهی منطقه روشی مناسب به نظر می رسد.

منابع:

- ۱- احمدی، ح، (۱۳۸۸)، ژئومورفولوژی کاربردی جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- اعظمی راد، م. مهدوی، م، بررسی پتانسیل رسوبدهی حوضه کارده با روش هیدروفیزیکی
- ۳- بهینافر، ا، (۱۳۸۰)، رساله دکترا رشته جغرافیای طبیعی ژئومورفولوژی کارست کارده.
- ۴- تصاویر ماهواره ای حوضه کارده، تغییرات ارتفاعی و درصد کلاس حوضه ای کارده.
- ۵- تصویر ماهواره ای حوضه آبریز کارده، گوگل ارث.
- ۶- رفاهی، ح، (۱۳۷۵)، فرسایش بادی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۷- رفاهی، ح، (۱۳۸۲)، فرسایش آبی و کنترل آن، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۸- سازمان آب منطقه ای خراسان رضوی، واحد آمار و اطلاعات ایستگاههای هواشناسی و رسوب سنجی حوضه آبخیز کارده.
- ۹- سعادت، ح، (۱۳۷۲)، بررسی فرسایش و رسوبات حوضه آبخیز سد کارده و رابطه آن با سنگ مادر، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۰- طرح مطالعات آبخیزداری حوضه سد کارده، (۱۳۶۵)، خاکشناسی و قابلیت اراضی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۱۱- گروه GIS، اداره کل منابع طبیعی خراسان رضوی.
12. Aide T M, Zimmerman J K, Herrera L, Rosario M, Seran M (1995). Forest recovery in abandoned tropical pastures in Puerto Rico. Department of Biology, University of Puerto Rico, P.O. Box 23360, San Juan, PR 00931-3360, USA
13. Bagherzade A, Mansoory daneshvar M.R (2011). Sediment yield assessment by EPM and PSIAC models using GIS data in semi-arid region. *Front Earth Sci*, 2011, 5(2): 207-216.
14. Mati B M, Morgan R P C, Gichuki F N, Quinton J N, Brewer T R, Liniger H P (2000). Assessment of erosion hazard with the USLE and GIS: a case study of the upper Ewaso Ng'iro North basin of Kenya. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2(2), 78-86. DOI: 10.1016/S0303-2434(00)85002-3
15. Veldkamp A, Fresco LO (1996). CLUE: A conceptual model to study the conversion and its effects. *Original Research Article Ecological Modelling*, Volume 85, Issues 2-3, Pages 253-270
16. Wischmeier W H, Smith D D (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. Agricultural Handbook (No. 537). Washington D C: US Department of Agriculture

Abstract

Kardeh catchment is located in 36° 37' to 36° 58' latitude and 59° 26' to 59° 37' longitude with an area of 549 square kilometers in the eastern part of Kopet Dagh Zone. In the present study, the risk of sedimentation and erosion were studied using Hydro-Physical method and Geographic Information System (GIS) and field observations. In the Hydro-physical method, study area is divided into seven hydrological sub-basin. Afterward, Hydro-physical model were used to evaluate the dominate factors (include: area, slope, vegetation, geology and hydrology). At the end, the deposition potential rate and the percentage of each sub-basin was estimated. Results showed that Sij and Aal sub-basins with 2122.1 tonne per year had the greatest soil erosion potential and Firuzabad with 93.3 tonne per year had the lowest soil erosion potential. In conclusion, the area factor, play most important role in soil erosion potential in the sub-basins.

Keywords: Erosion, Sedimentation potential, Hydro-physical, Geographic Information System (GIS) – River basin